

交感神経活動の指標の値による NREM睡眠領域の中の深睡眠エポックの探索

白水 重憲¹⁾，片山 宗哲¹⁾，近藤 英明²⁾

要旨 NREM睡眠領域の中から交感神経活動の指標 (SNS, Sympathetic Nervous System's Activity) の値を使用して深睡眠のエポックを探索する方法を提唱した。SNSの値の分布は浅睡眠と深睡眠とでは、完全には分離せず重なる領域も存在した為、感度の増加 (真の深睡眠を検出した割合) とともに真深睡眠率 (深睡眠と判定したエポックの中の真の深睡眠エポックの割合) を大きく保つ必要があった。

深睡眠の探索領域は睡眠の前半部のNREM睡眠領域とし、その領域に属するSNSの値の分布の3/4分位数の43%を閾値として、SNSの値がそれ以下のエポックは深睡眠エポックとして判定するものとした。

深睡眠の感度は0.194から0.671まで分布し、平均は0.478であった。浅睡眠の感度は0.772から0.908まで分布し、平均は0.848であった。これらを合計した一致率は0.700から0.865まで分布し、平均は0.772であった。真深睡眠率は0.152から0.617まで分布し、平均値は0.424であった。実際の深睡眠エポックの検出数は19から113まで分布し、平均は67であった。

キーワード : NREM睡眠、浅睡眠、深睡眠、交感神経活動、睡眠ポリグラフ検査

1. 序論

我々は、睡眠ポリグラフ検査と超小型心電・加速度・皮膚温度測定装置 (M-BIT) による測定とを同時に行い、加速度センサーのデータに基づく微小体動法による睡眠・覚醒推定結果を国際判定基準による睡眠ステージ判定結果と比較して、その精度を確認した¹⁾。また、心電データから抽出したRR間隔変動 (RR Interval Variation, RRIV) から推定した呼吸周波数が、入眠に伴い小さくなり、かつ安定し、その変動幅も小さくなる事、および、呼吸周波数及びその変動幅が小さいのはNREM睡眠時のみであり、REM睡眠時には呼吸周波数は変化を示し、その変動幅も大きくなることを見出した¹⁾。我々は、更に、RR間隔から推定した呼吸周波数のみではなく、睡眠ポリグラフ検査の鼻腔気流や胸部及び腹部呼吸運動データの時間周波数解析結果も同様の挙動を示す事を確認し²⁾、呼吸周波数変動幅の挙動によりNREM睡眠領域を推定する方法を提唱した³⁾。これらにより、M-BITの測定結果のみを用いて、まず、微小体動法により睡眠領域全体を指定し、次に、呼吸周波数変動幅によりNREM睡眠領域を推定し、

NREM睡眠では無い領域と区別する事ができるようになった⁴⁾。

本研究では前報の睡眠ポリグラフ検査の測定結果を使用し、RRIVの挙動に基づき、NREM睡眠領域を浅睡眠領域と深睡眠領域とに判別する事を試みた。

2. 測定と解析

2-1 睡眠ポリグラフ検査

被験者、睡眠ポリグラフ検査の詳細及び睡眠段階の解析に関しては既に詳細に報告している^{2,3)}。習慣性飲酒者、喫煙者および内科的・精神科的疾患を有する者は除外した。ECGのサンプリング周波数は1000Hzであった。睡眠段階の解析にはNightOwl Professional[®] (のるぷろライトシステムズ) を用いて、30secを1エポックとして、2007年 American Academy of Sleep Medicine のスコアリングルールにもとづき視察判定を行った。

ポリグラフ検査による判定結果に基づき、浅睡眠 (睡眠ステージN1とN2)、深睡眠 (ステージN3) 及びREM睡眠とを合わせた3段階のステージに分類し、更に、浅睡眠と深睡眠とを合わせてNREM睡眠とした。

表1に、各被験者の浅睡眠と深睡眠及びREM睡眠のエポック数を示した。深睡眠のエポック数が浅

1) NPO法人セルフケア総合研究所

2) 済生会長崎病院 睡眠医療センター

受付日: 2013年3月20日

採択日: 2013年3月31日

表1 各睡眠の深さのエポック数とVRFRE、PSNS及びSNSの値の浅睡眠と深睡眠での比較

被験者	エポック数				VRFRE			PSNS			SNS		
	浅睡眠	深睡眠	REM睡眠	途中覚醒	浅睡眠	深睡眠	p値	浅睡眠	深睡眠	p値	浅睡眠	深睡眠	p値
1	629	76	212	36	0.024	0.019	0.022	7379.4	7367.6	0.976	1.510	0.920	<0.001
2	548	164	207	40	0.030	0.026	0.004	3678.7	3223.7	0.023	2.147	1.713	0.002
3	635	152	138	34	0.028	0.023	<0.001	4756.7	3557.6	<0.001	2.194	1.517	<0.001
4	498	179	145	120	0.028	0.022	<0.001	2300.8	2188.4	0.015	1.642	0.698	<0.001
5	553	156	130	103	0.025	0.016	<0.001	5221.6	3964.4	<0.001	0.941	0.460	<0.001
6	517	203	177	51	0.026	0.024	0.165	3125.3	2524.4	<0.001	1.525	1.152	<0.001
7	542	204	122	66	0.033	0.028	0.001	4028.5	2254.3	<0.001	1.289	0.564	<0.001
8	615	98	136	52	0.031	0.028	0.129	914.2	824.5	0.177	2.198	1.756	0.023
9	648	82	205	20	0.022	0.021	0.420	3117.2	2049.1	<0.001	0.902	1.000	0.757
10	658	115	140	22	0.026	0.018	<0.001	1050.0	1307.5	<0.001	1.359	0.482	<0.001

睡眠のエポック数に比して顕著に小さい為、本研究の目的はNREM睡眠エポックの中から深睡眠感度（深睡眠を深睡眠と推定した割合）・浅睡眠感度（浅睡眠を浅睡眠と推定した割合）・一致率（正しく推定した割合）を大きくまとめて深睡眠エポックを探索する事と明確化した。

2-2 睡眠の深さとRRIVパラメータ

ECGからのRR間隔の抽出の詳細に関しては既に詳細に報告している^{1,5)}。RR間隔データの分布変動に着目する事により、真のRR間隔データとアーティファクトとを分別した^{1,5)}。また、解析するRR間隔データと心電波形を同時に視察判定し、アーティファクトは全て棄却した^{1,5)}。

SPWV(Smoothed Pseudo Wigner-Ville)法を使用した時間周波数解析及びRRIVを記述するのに使用した5つのパラメータ、副交感神経活動の指標(Para-sympathetic Nervous System's Activity, PSNS)、交感神経活動の指標(Sympathetic Nervous System's Activity, SNS)、呼吸周波数(Respiratory Frequency, RFRE)、呼吸周波数変動幅(Variation of RFRE, VRFRE)及び心拍数(HR)の求め方に関しても既に報告している^{1,5)}。

前報²⁾の表2に詳細に記したように、睡眠時のVRFREの値はNREM睡眠で小さく、REMで大きい。我々はこれを利用してNREM睡眠領域を求める訳であるが、実は、浅睡眠と深睡眠のVRFREの値にも平均値には相違があり、浅睡眠で大きく、深睡眠で小さい。一方、RFREの方には、平均値レベルでは明確な一般的傾向はない。また、PSNSとSNSはその性質から考えて睡眠の深さによる相違の存在は当然と考えた^{1,2)}。

確認の為に、各被験者のVRFRE、PSNS、SNSの浅睡眠と深睡眠における平均値とt検定におけるp値を表1にまとめた。VRFREは3人の被験者(被験者6,8,9)に於いて浅睡眠と深睡眠との間の相違が有意では無かった。PSNSは2人の被験者(被験者1,7)で有意では無く、被験者10では大小関係が逆転していた。更に、SNSでも被験者9では有意差が無かった。

2-3 RRIVパラメータの分布挙動といくつかの予備検討

上に述べた浅睡眠と深睡眠での値の相違の挙動及びそれらの値の個人差が大きい事から、PSNSは、深睡眠エポックの探索の指標にするには相応しくないと考えられた。

有意差が認められた場合のVRFREとSNSの浅睡眠と深睡眠での値の分布の例を図1(VRFRE、被験者1)及び図2(SNS、被験者1)に示す。VRFREの場合は、分布に相違は存在するものの、値の範囲の拡がりも浅睡眠も深睡眠も同様であり、VRFREの値での深睡眠の探索はやはり不可能であると考えられた。

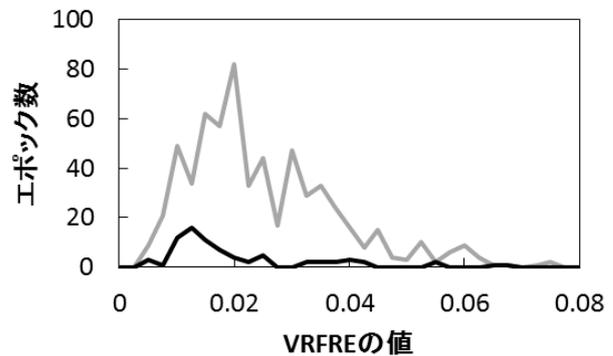


図1 浅睡眠と深睡眠でのVRFREの値の分布 (被験者1、深睡眠エポック数最小) 灰色実線：浅睡眠、黒実線：深睡眠

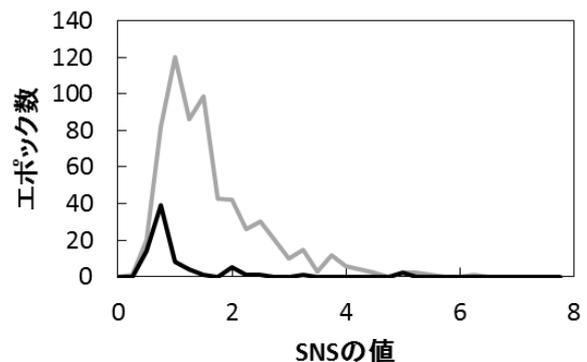


図2 浅睡眠と深睡眠でのSNSの値の分布 (被験者1、深睡眠エポック数最小) 灰色実線：浅睡眠、黒実線：深睡眠

SNS の場合は、図 2 に示すように、深睡眠での値は最小値付近に狭く分布する事が多く、その分布挙動には浅睡眠と深睡眠とで明確な相違が存在した。RRIV から得られるパラメータの中では、SNS の値に最も明確に相違が現れた。しかしながら、値の範囲は分離してはおらず重なっていた。この為、例えば図 2 で深睡眠の SNS の値がピークを示す 0.75 を閾値として、SNS の値が 0.75 以下のエポックを推定深睡眠領域とすると、その中には 156 エポックが含まれるがそのうち 53 エポックのみが真の深睡眠であり、倍近い 103 の浅睡眠のエポックが含まれてしまった。この場合の深睡眠感度・浅睡眠感度・一致率は、それぞれ、0.697、0.836、0.821 となった。

その他のパラメータとして SNS の変化率に着目し、1 分間の LF と HF の平均値から求めた SNS の前の 1 分間の値との変化の大きさや、呼吸周波数の場合と同様に、10 秒ごとの LF と HF の平均値から 10 秒毎の SNS の値を求めて、1 分間の平均値や、1 分間の最大値、最小値との差としての SNS の変動幅を求めたが、値の分布が浅睡眠と深睡眠とで明確に分離する事は無かった。

また、SNS と VRFRE を入力データとして主成分分析を行った結果や、LF/HF ではなく LF/ (LF + HF) として定義した SNS の値も検討したが、値の分布は分離しなかった。

更に、SNS のみや SNS と VRFRE とを入力データとして、サポートベクターマシンでの分離も試みた⁶⁾。被験者 1~5 のデータをトレーニングデータとしてマシンをチューニングし、被験者 1~10 のデータの分離を試みた。トレーニングデータに含まれる被験者 1~5 のデータは精度よく分離できたが、6~10 のデータの分離は全くできなかった。

2-4 睡眠の進行と深睡眠エポックの分布

SNS を利用しての深睡眠探索を精度良く行う為に、睡眠の進行による深睡眠エポックの出現挙動の変化を積極的に利用する必要があった⁷⁾。

正常な睡眠は、浅睡眠から始まり深睡眠に移行し、やがてレム睡眠が出現する。浅睡眠が始まってから

レム睡眠が終わるまでを「睡眠単位」とよび、その周期は 70~90 分とされている⁷⁾。この睡眠単位が通常は 4~5 回繰り返されて、睡眠は終了する。後半の睡眠単位ほど深睡眠が少なくなる事が知られており、存在しなくなる場合もある⁷⁾。

本研究における各被験者の睡眠の睡眠単位数、各睡眠単位の全体エポック数、その睡眠単位における深睡眠のエポック数を表 2 にまとめた。本研究では、睡眠単位数は 4~6 であるが、従来からいわれているのと同様に、睡眠の前半部である睡眠単位 1 と 2 に多くの深睡眠が集中していた。

2-5 NREM睡眠領域の中の深睡眠エポックの探索

睡眠ポリグラフ検査のスコアリングによる実際の深睡眠領域の判定結果を見ると、深睡眠エポックは必ずしも連続した領域を形成せず、単一エポックが検出されている事も多かった。従って、NREM 睡眠領域の中の深睡眠エポックの探索と考えた方が相応しい。従って、微小体動法による睡眠・覚醒推定や、VRFRE による NREM 領域探索で使用した近接エポック群を領域とする考え方は使えなかった。SNS の閾値を適宜設定し、深睡眠エポックを定めていた。

本研究では、SNS の図 2 に示した様な浅睡眠と深睡眠の分布挙動を考慮して、深睡眠の検出感度の向上と偽深睡眠の混入の防止とを両立する為に、深睡眠エポックが集中する睡眠前半部の NREM 睡眠領域のみで深睡眠エポックを探索する事にした。そして、浅睡眠感度・深睡眠感度・一致率の他に、真深睡眠率も吟味した。

表 1 に示した様に NREM 睡眠領域の中での SNS の値の分布の範囲は、被験者によって変化した。従って、分布を記述する特徴的な量を捉え、それに対して閾値を設定する必要があった。本研究では Box-Plot で使用されている分布の中央値よりも大きい側の半分の中央値 (3/4 分位値) を使用した。

3. 結果と考察

3-1 最初の睡眠単位での探索

一睡眠の中に 4~6 個存在する睡眠単位の中でも、

表2 各被験者の睡眠の睡眠単位数と各睡眠単位の全体エポック数と深睡眠のエポック数

被験者	睡眠単位数	睡眠単位1		睡眠単位2		睡眠単位3		睡眠単位4		睡眠単位5		睡眠単位6	
		全体	深睡眠										
1	6	154	28	203	30	188	18	157	0	137	0	114	0
2	5	172	70	216	45	171	10	308	33	92	4		
3	6	110	61	169	30	145	42	210	0	196	19	129	0
4	4	205	104	265	1	195	74	107	0				
5	5	165	96	200	1	186	58	180	1	140	0		
6	5	159	61	211	51	217	30	213	61	148	0		
7	4	153	109	298	60	147	2	305	32				
8	5	231	36	195	26	174	31	164	5	137	0		
9	5	163	64	172	13	223	1	222	2	154	0		
10	4	169	78	301	18	242	22	215	1				

表3 最初の睡眠単位（入眠後168エポック、84分）での深睡眠の探索結果

被験者	閾値	感度	特異値	一致率	真深睡眠率	エポック数		
						浅睡眠	深睡眠	検出深睡眠
1	0.738	0.786	0.707	0.724	0.431	99	28	22
2	0.534	0.761	0.782	0.772	0.740	87	71	54
3	0.822	0.705	0.674	0.686	0.581	95	61	43
4	0.574	0.827	0.442	0.714	0.782	43	104	86
5	0.501	0.896	0.740	0.842	0.869	50	96	86
6	1.205	0.607	0.686	0.649	0.627	70	61	37
7	0.861	0.857	0.857	0.857	0.955	28	98	84
8	2.110	0.710	0.463	0.531	0.333	82	31	22
9	0.351	0.844	0.595	0.703	0.614	84	64	54
10	0.244	0.681	0.705	0.693	0.681	78	72	49
平均		0.767	0.665	0.717	0.661			

は0.767、浅睡眠感度は0.442から0.857まで分布し、この平均は0.665、これらの一致率は0.531から0.857まで分布し、この平均は0.717、また、真深睡眠率は

最初の睡眠単位（睡眠単位1）は浅睡眠のエポックが少なく、深睡眠のエポックが多い。従って、まず、睡眠単位1のみで、深睡眠エポックを探索した。睡眠単位1のエポック数としては、今後、睡眠ポリグラフ検査を行わずにM-BIT等の装置で測定したデータのみで解析を行う事も念頭において、表2に示した睡眠単位1のエポック数の平均値168エポック（時間にすれば84分）を共通で使用した。一般にほぼ90分といわれている睡眠単位の長さとして良く符合する。

各被験者の睡眠単位1の中のNREM睡眠エポックのSNS値の3/4分位値を求め、閾値をその1%から100%まで1%刻みで増加させ、最初は全てのエポックを浅睡眠と設定し、SNSの値が閾値以下のエポックは深睡眠エポックと判定して、深睡眠感度、浅睡眠感度（特異値）、一致率、真深睡眠率及び検出された浅睡眠ならびに深睡眠エポック（検出深睡眠エポック）の数を求めた。閾値の増加とともに深睡眠感度は増加し、浅睡眠感度は低下した。深睡眠感度と浅睡眠感度の値が同じになる付近で、真深睡眠率が最大になる閾値を「最適の閾値」と判定した。更に、その付近で検出深睡眠エポック数が同じ場合は、更に真深睡眠率が最大になる閾値を「最適の閾値」と判定した。

表3に最適の閾値の値と深睡眠感度（感度）、浅睡眠感度（特異値）、一致率、真深睡眠率及び浅睡眠、深睡眠、検出深睡眠のエポック数をまとめた。深睡眠感度は0.607から0.896まで分布し、平均値

0.333から0.955まで分布し、この平均は0.661であった。浅睡眠と深睡眠でのSNSの値の分布挙動を考えるとなかなか良く分離できたものと考えられた。

3-2 睡眠の前半分での探索

睡眠の前半分のNREM睡眠エポックのSNS値の3/4分位値を求め、同様に探索を行った。この前半分の探索で、睡眠全体の探索を代替する考えであったので、表4には、表3と同様の最適の閾値の値と深睡眠感度（感度）、浅睡眠感度（特異値）、一致率、真深睡眠率及び浅睡眠、深睡眠、検出深睡眠のエポック数の他に、睡眠全体の深睡眠エポック数、睡眠全体の深睡眠エポックの中でこの前半部に含まれるエポックの割合（全深睡眠含有率）、及びこの前半分での探索で検出された深睡眠エポックの割合（全深睡眠検出率）をも示した。

全深睡眠含有率は、0.587から1.000まで分布し、平均は0.800であった。全深睡眠含有率が0.800以上の被験者の割合は60%であった。従って、前半部の探索をもって、睡眠全体の深睡眠探索を代替する事は妥当なものと思われる。

深睡眠感度は0.556から0.733まで分布し、平均値は0.652、浅睡眠感度（特異値）は0.543から0.779まで分布し、平均値は0.678、一致率は0.550から0.766まで分布し、平均値は0.671、真深睡眠率は0.199から0.647まで分布し、平均値は0.436であった。表3に比して感度の低下はそれほど大

表4 睡眠の前半分での深睡眠の探索結果

被験者	閾値	感度	特異値	一致率	真深睡眠率	エポック数				全深睡眠含有率	全深睡眠検出率
						浅睡眠	深睡眠	検出深睡眠	全深睡眠		
1	0.745	0.697	0.771	0.756	0.438	297	76	53	76	1.000	0.697
2	1.589	0.556	0.639	0.614	0.400	291	126	70	164	0.768	0.427
3	1.020	0.669	0.668	0.668	0.466	307	133	89	152	0.875	0.586
4	0.525	0.733	0.779	0.766	0.570	263	105	77	179	0.587	0.430
5	0.369	0.682	0.699	0.693	0.517	279	132	90	156	0.846	0.577
6	1.031	0.592	0.596	0.595	0.426	280	142	84	203	0.700	0.414
7	0.621	0.704	0.700	0.702	0.647	217	169	119	204	0.828	0.583
8	1.568	0.590	0.543	0.550	0.199	317	61	36	98	0.622	0.367
9	0.257	0.613	0.681	0.667	0.314	335	80	49	82	0.976	0.598
10	0.318	0.685	0.699	0.696	0.384	335	92	63	115	0.800	0.548
平均		0.652	0.678	0.671	0.436					0.800	0.523

表5 検出状況比較（最初の睡眠単位のみと睡眠の前半）

大きく無かったが、真深睡眠率の低下が大きく、探索 あることになる。表 3 に示したように、これを平

被験者	閾値		閾値(基準値の%)		検出エポック数		真深睡眠率		全深睡眠含有率		全深睡眠検出率	
	睡眠単位	前半分	睡眠単位	前半分	睡眠単位	前半分	睡眠単位	前半分	睡眠単位	前半分	睡眠単位	前半分
1	0.738	0.745	56	48	22	53	0.431	0.438	0.368	1.000	0.289	0.697
2	0.534	1.589	42	51	54	70	0.740	0.400	0.433	0.768	0.329	0.427
3	0.822	1.020	43	52	43	89	0.581	0.466	0.401	0.875	0.283	0.586
4	0.574	0.525	100	30	86	77	0.782	0.570	0.581	0.587	0.480	0.430
5	0.501	0.369	78	44	86	90	0.869	0.517	0.615	0.846	0.551	0.577
6	1.205	1.031	62	54	37	84	0.627	0.426	0.300	0.700	0.182	0.414
7	0.861	0.621	99	36	84	119	0.955	0.647	0.480	0.828	0.412	0.583
8	2.110	1.568	74	55	22	36	0.333	0.199	0.316	0.622	0.224	0.367
9	0.351	0.257	61	34	54	49	0.614	0.314	0.780	0.976	0.659	0.598
10	0.244	0.318	31	27	49	63	0.681	0.384	0.626	0.800	0.426	0.548
平均			64.6	43.1	53.7	73.0	0.661	0.436	0.490	0.800	0.384	0.523

範囲の浅睡眠の増加により、SNS の分布挙動による誤判定が増えた事が示唆された。全深睡眠検出率は 0.414 から 0.697 まで分布し、平均値は 0.523 であった。

3-3 深睡眠の探索法

最初の睡眠領域のみで探索を行った場合と、睡眠の前半部で探索を行った場合との双方において VRFRE を併用して、検出感度の向上、あるいは誤って深睡眠と判定される浅睡眠エポックの数を減らして真深睡眠率の向上を試みたが上手く行かなかった。更に、探索領域を増やしても、真深睡眠率の更なる低下を招いて、状況は向上しないものと考えられた。また、表 3 と表 4 とを比較すると、探索領域を広くしても検出深睡眠エポック数が必ずしも増加するとは限らない事が判る。

表 5 に、最初の睡眠単位のみで探索した場合と睡眠の前半で探索した場合の閾値、その閾値の SNS の値の分布の 3/4 分位値の%値、検出深睡眠エポック数、真深睡眠率、全深睡眠含有率及び全深睡眠検出率を比較した。探索領域を広くして検出エポック数が低下したのは、被験者 4 と 9 の 2 例であったが、被験者 5 では増加が 4 エポックと小さかった。

最初の睡眠単位の全深睡眠含有率は 0.300 から 0.780 まで分布し、平均は 0.490 である。全深睡眠エポックの半分近くが、この 168 エポックの中に

表6 提唱した方法による判定結果

被験者	感度	特異値	一致率	真深睡眠率	検出深睡眠エポック
1	0.513	0.805	0.745	0.402	39
2	0.500	0.780	0.695	0.496	63
3	0.549	0.746	0.686	0.483	73
4	0.905	0.665	0.734	0.519	95
5	0.667	0.706	0.693	0.518	88
6	0.387	0.754	0.630	0.444	55
7	0.669	0.677	0.674	0.617	113
8	0.311	0.666	0.608	0.152	19
9	0.688	0.555	0.581	0.270	55
10	0.772	0.591	0.630	0.341	71
平均	0.596	0.695	0.668	0.424	67.1

均深睡眠感度 0.767、平均深睡眠率 0.661 で検出し、全深睡眠検出率の平均は 0.384 である。ただし、中には全深睡眠検出率が 0.2 台で、実際に検出されたのが 22 エポックの場合が 2 例あるから、実際的には真深睡眠率が低下するのを覚悟して前半部を使用すべきであろう。

閾値の値をみると、SNS の分布の相違を反映して、被験者毎にも大きく変化しているし、同一被験者でも最初の睡眠単位と前半分で大きな相違がみられる場合もある。分布挙動が時間的にも変化している可能性がある。SNS の分布の個人差に対処する為に、閾値は分布自身から求めた基準値をベースとして、そのパーセント値として定義したが、睡眠単位の方ではそのパーセント値も大きく変動している。一方、前半分の方は、パーセント値は比較的まとまっており、この平均値を共通の閾値として使用しても挙動が大きく変化しないであろう事が予想された。

上記の議論に基づき、深睡眠の探索領域は睡眠の前半部の NREM 睡眠領域とし、その領域に属する SNS の値の分布の 3/4 分位数の 43% を閾値として、SNS の値がそれ以下のエポックは深睡眠エポックとして判定することとした。

3-4 提唱した方法による結果

表 6 に、ここで提唱した方法による判定結果をまとめた。深睡眠感度は 0.311 から 0.905 まで分布し、平均値は 0.596 であった。真深睡眠率は 0.152 から 0.617 まで分布し、平均値は 0.424 であった。深睡眠エポックの検出数は 19 から 113 まで分布し、平均値は 67 であった。

被験者 8 は表 6 のみでなく、全ての探索で検出エポック数、真深睡眠率が最低であった。図 3 に被験者 8 の浅睡眠と深睡眠の SNS の分布を示す。分布挙動に相違がある為に、平均値の相違に有意差はあるものの、浅睡眠の SNS の値の分布は深睡眠のものと同様に広い。このような分布挙動の為に、被験者 8 は検

表7 換算した判定結果とNREM領域のSNS分布の特徴

被験者	感度	特異値	一致率	真深睡眠率	検出深睡眠エポック	NREM睡眠のSNS		
						平均値	中央値	最頻値
1	0.513	0.908	0.865	0.402	39	1.447	1.201	1.000
2	0.384	0.883	0.768	0.496	63	2.047	1.776	0.500
3	0.480	0.877	0.801	0.483	73	2.063	1.771	0.500
4	0.531	0.823	0.746	0.519	95	1.393	0.757	0.500
5	0.564	0.854	0.790	0.518	88	0.835	0.623	0.500
6	0.271	0.868	0.700	0.444	55	1.419	1.066	1.000
7	0.554	0.871	0.784	0.617	113	1.090	0.498	0.500
8	0.194	0.828	0.741	0.152	19	2.138	1.490	0.750
9	0.671	0.772	0.760	0.270	55	0.912	0.394	0.500
10	0.617	0.792	0.766	0.341	71	1.229	0.575	0.250
平均	0.478	0.848	0.772	0.424	67.1			

出エポック数、真深睡眠率が小さかったものと思われる。

一方、被験者9の浅睡眠と深睡眠のSNSの分布を図4に示す。これらの分布は類似しており、平均値には有意差がなかった。それにもかかわらず、最初の睡眠単位での探索の場合の検出エポック数や真深睡眠率が目立って小さくないのは、約8割の深睡眠エポックが最少の睡眠単位に集中していたからであった。全体では約9割8分の深睡眠エポックが前半部に集中していた事になるが、最初の

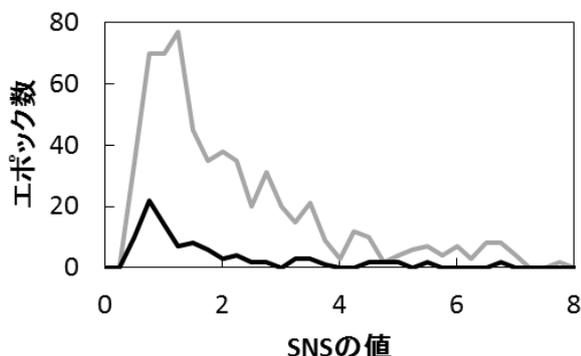


図3 浅睡眠と深睡眠でのSNSの値の分布（被験者8）
灰色実線：浅睡眠、黒実線：深睡眠

睡眠単位の後の時間領域の深睡眠エポックの集中はそれほど大きくは無い為に、探索範囲を前半部に広げると、真睡眠率が低下したものと考えられた。

さて、表3から6までは探索した範囲に対する深睡眠感度・浅睡眠感度・一致率であったが、前半部の探索をもって睡眠全体の探索とするのであるから、今後は換算して表現する必要がある。換算した判定結果を表7に示す。深睡眠感度は0.194から0.671まで分布し、平均値は0.478であった。浅睡眠感度（特異値）は0.772から0.908まで分布し、平均値は0.848であった。一致率は0.700から0.865まで分布し、平均は0.772であった。真深睡眠率は0.152から0.617まで分布し、平均値は0.424であった。実際の深睡眠エポックの検出数は

19から113まで分布し、平均値は67であった。

NREM睡眠領域全体のSNSの値の分布挙動から、浅睡眠と深睡眠の分布挙動、ひいては深睡眠エポックの探索結果が予想できる可能性を考えて、表7の後半には分布挙動を示す平均値、中央値及びデータ範囲0.25刻みで求めたヒストグラムによる最頻値をまとめた。分布の挙動と探索結果との関係は見出せなかったが、今後、ポリグラフによる睡眠ステージ結果が存在しないデータの解析を行う場合に、NREM睡眠領域のSNS分布挙動から探索結果の品質を推定する手掛かりになるものと考えられる。

4. 終わりに

RRIVパラメータの中で、NREM睡眠領域から深睡眠エポックの探索に使用できる可能性があるパラメータはSNSのみであることを確認した。SNSの値の分布も浅睡眠と深睡眠で完全には分離せず、重なる領域も存在した。従って、感度の増加とともに真深睡眠率を大きく保つ必要があった。

深睡眠の探索領域は睡眠の前半部のNREM睡眠領域とし、その領域に属するSNSの値の分布の3/4分位数の43%を閾値として、SNSの値がそれ以下のエポックは深睡眠エポックとして判定するものとした。

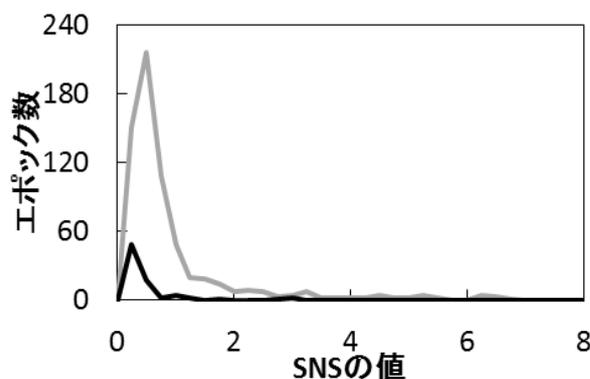


図4 浅睡眠と深睡眠でのSNSの値の分布（被験者9）
灰色実線：浅睡眠、黒実線：深睡眠

深睡眠感度（感度）は0.194から0.671まで分布し、平均値は0.478であった。浅睡眠感度（特異値）は0.772から0.908まで分布し、平均値は0.848であった。一致率は0.700から0.865まで分布し、平均値は0.772であった。真深睡眠率は0.152から0.617まで分布し、平均値は0.424であった。実際の深睡眠エポックの検出数は19から113まで分布し、平均は67. であった。

参考文献

- [1] 白水重憲、成澤元、片山宗哲他: 国際基準に基づいた睡眠ポリグラフ判定と超小型生体センサー(M-BIT)の測定データに基づく睡眠解析結果のケース比較. 全面発達の展開 **2**: 8-18 2012.
- [2] 白水 重憲、近藤 英明、片山宗哲: 睡眠時の呼吸データの時間周波数解析. 全面発達の展開 **3**:10-24 2013.
- [3] 白水 重憲、近藤 英明、森 佳織他: 呼吸周波数変動幅によるNREM睡眠領域検出. 全面発達の展開 **2**: 83-90 2013.
- [4] 白水重憲、片山宗哲、正木健雄: RR間隔変動によるNREM睡眠領域推定と睡眠時無呼吸の検出 (1) -5歳児の場合-. 全面発達の展開 **3**: 31-38, 2013.
- [5] 白水重憲、片山宗哲、正木健雄: 幼稚園児の自律神経活動の24時間モニタリング. 全面発達の展開 **1**: 32-41, 2011.
- [6] 白水 重憲、近藤 英明、片山宗哲: RR間隔変動からの睡眠時無呼吸の自動推定. 全面発達の展開 **3**: 25-30 2013.
- [7] 櫻井武: 睡眠の科学、講談社 東京、日本、2010.